

4. Voronov G.V., Antropov M.V., Porokh O.V., Glukhov I.V., Goltsev V.A. Temperature Conditions in the Working Space of a Modern Electric Arc Steelmaking Furnace// Refractories and Industrial Ceramics. 2015. V 56. No. 3. P. 257–259.

5. Voronov G.V., Antropov M.V., Glukhov I.V. Gas Dynamics in the Working Space of a Modern Electric Arc Steelmaking Furnace // Refractories and Industrial Ceramics. 2015. V 55. No. 6. P. 498–500.

6. Воронов Г.В., Гольцев В.А., Глухов И.В. Аэродинамика и тепловое состояние современной дуговой сталеплавильной печи // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2016. №1. С. 28–34.

7. Исследование взаимодействия струй компрессорного воздуха с поверхностью жидкой ванны / Г.В. Воронов, С.Н. Гуцин, Н.И. Кокарев [и др.] // Теплотехника процесса выплавки стали и сплавов: Межвуз. сб. научн. тр. Свердловск, изд-во УПИ, 1980. С. 3–11.

8. Особенности гидродинамических процессов на поверхности жидкой ванны / Г.В. Воронов, С.Н. Гуцин, Н.И. Кокарев [и др.] // Совершенствование технологии и автоматизации сталеплавильных процессов: Межвуз. сб. научн. тр. Свердловск, изд-во УПИ, 1984. С. 25–32.

УДК 669.5

А. В. Плешкова, Г. В. Воронов

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОЙ ВЕЛЬЦ-ПЕЧИ

Аннотация

В статье рассмотрена проблема утилизации гидрометаллургических отходов. Приведены способы получения и востребованность окиси цинка. Представлены общие сведения и конструкция вельц-печи с газоочистными аппаратами. Рассмотрены общие принципы подготовки шихты, охарактеризованы особенности процесса вельцевания и описаны мероприятия для получения готовых продуктов – вельц-окиси и клинкера. Представлены материальный и тепловой балансы современной вельц-печи, на основе анализа которых предложены решения, позволяющие улучшить тепловую работу, увеличить производительность и качество готового продукта.

Ключевые слова: вельц-печь, шихта, цинковый кек, клинкер, вельц-окись, материальный баланс, тепловой баланс.

Abstract

The article explores hydrometallurgical waste utilization problem. Production methods and importance of zinc oxide are presented along with general information and Waelz kiln structures with gas purifiers. Then general charging material preparation principles are defined, waelz process characteristics and actions to get final products (waelz oxide and waelz slag) are described. Finally, modern waelz kiln heat and mass balances are presented along with measures based on them aimed at thermal performance improvement, increase in efficiency and quality of final products.

Keywords: waelz kiln, charging material, zinc cake, waelz slag, waelz oxide, mass balance, heat balance.

Оксид цинка нашел широкое применение в химической, фармацевтической, лакокрасочной, нефтеперерабатывающей и других промышленности. Получают данное соединение несколькими способами: термическим разложением ацетата, гидроксида, карбоната и нитра-

та цинка, окислительным обжигом сульфида цинка в печах кипящего слоя, вельцевание соединений цинка во вращающихся печах.

С переводом цинковых заводов на гидрометаллургическую схему утилизация отходов данного цикла является актуальной задачей на сегодняшний день, решаемой вельцеванием во вращающихся трубчатых печах.

Вельцеванием во вращающихся трубчатых печах решается актуальная задача на сегодняшний день: утилизация отходов гидрометаллургического цикла.

Цинкосодержащие материалы обрабатывают при температуре в реакционной зоне 1100–1250 °С в присутствии твердого восстановителя при постоянном перемешивании [1]. Процесс вельцевания характеризуется восстановительной атмосферой в слое шихты и окислительной в газовой фазе печи [2].

На основе известного химического состава природного газа был выполнен расчет горения топлива при стехиометрическом соотношении, подобран коэффициент избытка воздуха и рассчитаны показатели при действительном горении топлива, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета горения топлива при действительных условиях

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Расход влажного воздуха, обеспечивающий полное сжигание топлива в действительных условиях	L_{α}	$\text{м}^3/\text{м}^3$	9,78
Выход продуктов сгорания	V_{α}	$\text{м}^3/\text{м}^3$	10,72
Балансовая температура горения	t_6	°С	1463,00

В таблице 2 представлен материальный баланс вельц-печи, приведенный к единым размерностям с помощью рассчитанных значений плотности. Материальный баланс является неотъемлемой частью балансовых исследований и необходимым условием для составления теплового баланса.

Таблица 2

Материальный баланс вельц-печи

Приход			Расход		
Наименование статьи	Размерность		Наименование статьи	Размерность	
	кг/ч	%		кг/ч	%
Цинковый кек	12 333,33	15,28	Вельц-окись	3 904,17	4,84
Коксовая мелочь	3 316,67	4,11	Клинкер	9 445,83	11,70
Вода шихты:	4 883,34	6,05	Дымовые газы	60 854,85	75,40
– цинкового кека	4 516,67	5,60	Запыленность газов	6 500,80	8,05
– коксовой мелочи	366,67	0,45			
Вторичная коксовая мелочь	2 195,83	2,72			
Известь-пыленка	400,00	0,50			
Хлоринаторы	1 040,00	1,29			
– цинковый дроссы	520,00	0,64			
– хлорид натрия	30,00	0,04			
Пар	3 000,00	3,72			
Возврат	937,50	1,16			
Природный газ	729,00	0,90			
Воздух	51 857,05	64,26			
Итого	80 692,72	100,00	Итого	80 705,65	100,00

Невязка $\Delta=0,02\%$, что составляет 12,94 кг/ч, объясняется тем, что в приходной части материального баланса статью «Природный газ» необходимо уточнять тепловым балансом печи.

Для анализа тепловой работы вельц-печи был рассчитан тепловой баланс, представленный в таблице 3.

Таблица 3

Тепловой баланс вельц-печи

Приход			Расход		
Наименование статьи	Размерность		Наименование статьи	Размерность	
	кВт	%		кВт	%
1) Химическая теплота топлива	9 855,96	58,81	1) Полезно затраченная теплота	7 404,43	43,77
2) Физическая теплота топлива	12,07	0,07	2) Потери с уходящими газами	3 670,94	21,70
3) Физическая теплота окислителя	69,93	0,42	3) Потери с пылью	1 520,56	8,99
4) Физическая теплота шихтовых материалов	178,70	1,07	4) Потери с химическим недожогом	98,56	0,58
5) Физическая теплота пара	441,27	2,63	5) Потери с механическим недожогом	2 037,79	12,05
6) Физическая теплота воздуха, подаваемого на процесс	223,71	1,33	6) Потери в окружающее пространство	2 184,86	12,92
7) Суммарный тепловой эффект экзо- и эндотермических реакций	5 977,11	35,67			
Итого	16 758,74	100	Итого	16 917,13	100

Невязка $\Delta=0,95\%$, что составляет 158,39 кВт.

Одна из основных статей прихода – теплота реакций – включает в себя: тепло, поступающее от окисления углерод содержащего материала (коксовая мелочь и вторичная коксовая мелочь) и окисления возгоняемого цинка; тепло, необходимое для протекания реакций восстановления ферритов цинка.

Расходная часть теплового баланса представляет собой: полезно затраченную теплоту, которая расходуется на испарение влаги, нагрев шихты до температуры начала реакций и образование продуктов (вельц-окси и клинкера); потери с уходящими газами, с механическим недожогом кокса и в окружающее пространство теплопроводностью через кладку печи и излучением при выгрузке клинкера.

Тепло отходящих газов, что составляет ~ 22 %, используют в котле-утилизаторе для получения пара промышленных параметров, который в свою очередь вдувается в нижнюю (горячую) головку вельц-печи для регулирования и интенсификации процесса, а также расходуется на нужды завода.

Высокий процент механического недожога ~12 % объясняется тем, что несмотря на идеальные условия в вельц-печи (высокая и постоянно обновляющаяся поверхность контакта реагирующих веществ), восстановление оксидов металлов углеродом ограничено в связи со слабой взаимной диффузией твердых веществ – для рационального использования теплоты дорогостоящего коксового материала реализуется рециклинг вторичной коксовой мелочи из клинкера.

В расходной части теплового баланса потери в окружающее пространство около 13 %, из которых значительная часть теплопроводностью ~85 %, необходимо сократить заменой футеровки.

В представленном варианте холодная зона печи, что составляет 20 м, футеруется шамотным ШЦУ слоем, а горячая – 40 м – состоит из огнеупорного периклазохромитового (ПХСУ) и теплоизоляционного шамотного (ШЦУ) слоев.

Для улучшения тепловой работы необходимо использовать материалы, имеющие более низкий коэффициент теплопроводности – хромитопериклазовый термостойкий (ХПТ) огнеупор и муллитокремнеземистый огнеупорный войлок (МКРВ).

Результаты расчета показали, что при неизменном температурном режиме работы печи потери в окружающее пространство при замене обоих слоев – на 1,9 % с экономией 1 684 712 руб. / год.

Список использованных источников

1. Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Дорошкевич А.П., Жуков В.П., Елисеев Е.И., Карелов С.В., Лебедь А.Б., Мамяченков С.В. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов. – Екатеринбург: УГТУ, 1997. – 648 с.
2. Козлов П.А. Вельц-процесс. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2002. 176 с.
3. Группа Магнезит [Электронный ресурс]. URL: <http://magnezit.ru/ru/products/non-ferrous/horizontal-convertoir/data/> (дата обращения 20.03.2016)

УДК 669.5

И. А. Прибытков, А. Ю. Терехова

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»», г. Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАССИВНЫХ В ТЕПЛОМ ОТНОШЕНИИ ЗАГОТОВОК

Аннотация

Для ускоренного технического процесса металлургии решающее значение приобрели определение и дальнейшая разработка резерва интенсивного энергосбережения, что ведет к созданию перспективных моделей теплотехнического комплекса черной металлургии будущего на базе техники нового поколения. В этом смысле можно говорить о том, что энергосберегающие технологии черной металлургии XXI века являются основой разработки и создания принципиальной новой техники, в том числе и печных агрегатов.

Ключевые слова: нагрев, симметрия, импульс.

Abstract

The determination and further development of the intensive energy saving reserve became crucially important for the accelerated technical process of metallurgy. These leads to the creation of promising models of the future ferrous metallurgy thermal engineering complex on the basis of the new generation equipment. In this sense, we can say that energy-saving technologies of XXI century ferrous metallurgy are the basis for the principled new technology development, including furnace units.

Keywords: heating, symmetry, impulse.

В настоящее время разрабатывается и начинает находить применение новой перспективный способ нагрева металла – импульсно-скоростной нагрев при котором основная доля теплоты подводится к металлу конвективным способом. Импульсно-скоростной нагрев, со-